ACCADEMIA REALE DELLE SCIENZE DI TORINO
(Anno 1902-1903)

L'APNEA

QUALE SI PRODUCE NEI

CAMBIAMENTI DI POSIZIONE DEL CORPO

MEMORIA

DEL SOCIO
ANGELO MOSSO

TORINO
CARLO CLAUSEN
Libraio della R. Accademia delle Scienze
1903

ACCADEMIA REALE DELLE SCIENZE DI TORINO
(Anno 1902-1903)

L'APNEA

QUALE SI PRODUCE NEI

CAMBIAMENTI DI POSIZIONE DEL CORPO

MEMORIA

DEL SOCIO

ANGELO MOSSO

TORINO
CARLO CLAUSEN
Libraio della R. Accademia delle Scienze
1903

§ 1.

Salathé (1) fu il primo a studiare nel Laboratorio di Marey col metodo grafico i mutamenti che succedono nella respirazione di un coniglio legato sopra una tavoletta di Czermak, tenuto verticale colla testa in alto e i piedi in basso. In questa posizione i movimenti del respiro vanno rallentandosi e diminuiscono di ampiezza fino a che cessano completamente, mentre il cuore continua ancora a battere.

Si tratta qui di un fenomeno molto complesso. Salathé fa dipendere la diminuzione e l'arresto del respiro dall'anemia del cervello e dai mutamenti che succedono nella secrezione del liquido cerebrale, io ho preso in considerazione altri fattori. Il metodo più comodo per tale studio è di legare un cane che dorma per mezzo del cloralio, sopra un sostegno girevole di Rothe; e di scrivere con due pneumografi il respiro addominale e toracico. Quando dalla posizione orizzontale si gira il sostegno in modo che l'animale abbia la testa in alto, succede un arresto del respiro, cui segue un rallentamento molto notevole del ritmo respiratorio, senza che cresca in proporzione corrispondente la forza dei movimenti respiratorî. Si produce una vera apnea, come si vede nel tracciato 1. In questo come in tutti i tracciati seguenti si scrissero in alto i movimenti della respirazione toracica e in basso quelli del diaframma. Per brevità non starò più a ripetere tale avvertimento pei tracciati successivi (2).

A prima vista questo tracciato potrebbe lasciar credere che per il cambiamento di posizione siasi modificato il bisogno di respirare, perchè il cane rimase mezzo minuto senza respirare, e dopo il torace e l'addome cominciarono a muoversi con un ritmo

---

(1) Salathé, *De l'anémie et de la congestion cérébrales provoquées mécaniquement*. Travaux du Laboratoire de M. Marey, II, 1877, pag. 259.

(2) Il respiro fu scritto con due pneumografi fatti da un timpano a bottone colla membrana elastica; il movimento veniva registrato sul cilindro colla trasmissione ad aria per mezzo di un timpano a leva del Marey. Le penne erano così disposte che nella inspirazione la linea si alza, e si abbassa nella espirazione. Per brevità mi servirò di questo segno ⫯ per indicare la posizione verticale colla testa in alto; e di questo o— per indicare la posizione orizzontale.

lentissimo quale si vede nella seconda parte della fig. 1. È però facile convincersi che l'arresto del respiro produce un'incipiente asfissia e che il ritmo è divenuto troppo lento per provvedere in modo sufficiente allo scambio dei gas.

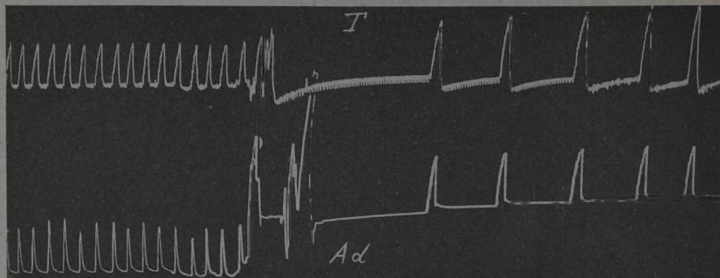



Fig. 1.

La fig. 2 rappresenta le fasi successive di un'altra esperienza simile. È un cane grosso leggermente cloralizzato. Scrissi il tracciato della respirazione addominale e toracica, ma per brevità riproduco solo quello della respirazione del torace; la penna che scriveva era messa in modo che la linea scende nella inspirazione e si alza nella espirazione. Il cane era legato sopra il sostegno di Rothe; nel principio si trova in posizione orizzontale o–, quando lo metto verticalmente ⫯, succede un arresto del respiro che dura 24″. Il tempo è scritto sotto ed ogni interruzione

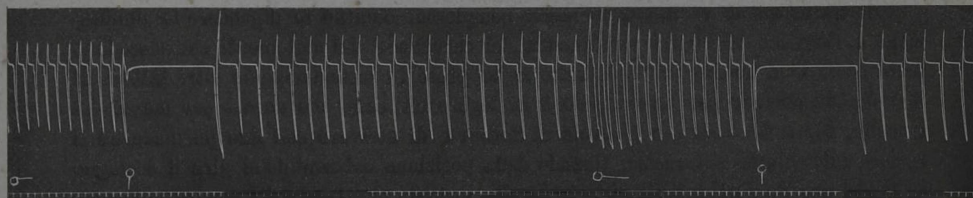



Fig. 2.

corrisponde a 2″; per brevità non ripeterò più tale avvertimento. Dopo una inspirazione più profonda il respiro ricomincia colla stessa forza di prima, ma il ritmo è ridotto quasi alla metà. La parte superiore della curva che segna la espirazione va leggermente rafforzandosi. Quando mettiamo nuovamente il cane orizzontale nel segno o– succede un rapido aumento della frequenza e i movimenti respiratorî sono più intensi di quelli che vedonsi in principio del tracciato. Torniamo a mettere il cane in posizione verticale nel segno ⫯ e si riproduce l'apnea come prima.

Per ottenere questa apnea dovuta ai cambiamenti di posizione del corpo occorre che gli animali siano addormentati con un narcotico qualunque.

In altre esperienze, come già osservammo nello studio dell'apnea nell'uomo, le respirazioni formano una serie crescente, mentre che l'animale persiste nella posizione colla testa in alto e le gambe in basso.

Il tracciato 3 è preso sopra un cane cloralizzato, e fisso sul supporto di Rothe, nel quale si scriveva il respiro per mezzo di un tubo a **T** messo nella trachea: per per un ramo passava l'aria e l'altro stava in comunicazione con un timpano di Marey. Era un piccolo cane del peso di 4700 gr.

Anche qui sebbene per brevità non sia riprodotto il tracciato normale della posizione ◦– prima dell'apnea, si vede il fenomeno dell'aumentata respirazione passando alla posizione orizzontale. La reazione che succede colla intensità maggiore dei

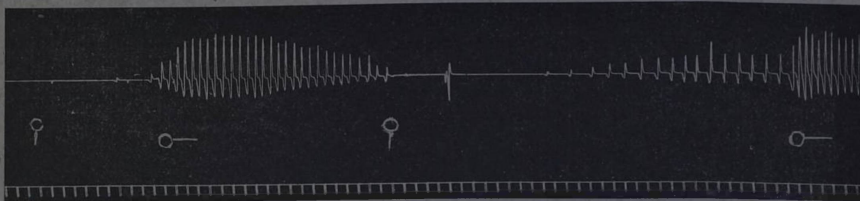



Fig. 3.

movimenti respiratori, e la frequenza cresciuta, mostrano che l'animale mentre era nella posizione verticale non respirava a sufficienza e dalla forma della scala crescente e decrescente possiamo farci fino ad un certo punto un'idea dei bisogni respiratori e del modo col quale si è riparato al disturbo succeduto. Nella seconda parte della fig. 3 vediamo come si ristabilisce spontaneamente il respiro nella incipiente asfissia per mezzo di una serie crescente di respirazioni.

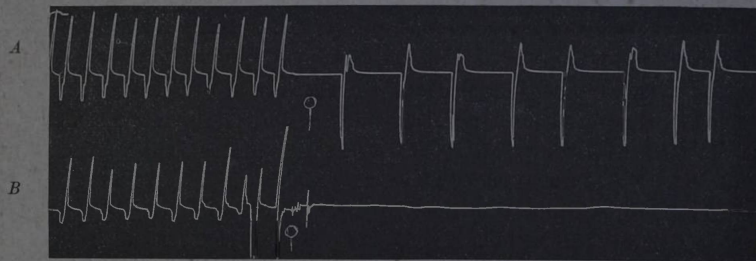



Fig. 4.

Facendo delle esperienze sui conigli si vede che l'apnea è tanto più lunga e completa quanto più diminuiscono le forze dell'animale ed è profondo l'assopimento. Il tracciato 4 è una esperienza fatta sopra di un coniglio del peso di 1800 gr., al quale iniettammo 32 cc. di soluzione di cloralosio 1 %. Si era messa nella trachea una cannula a **T**, un ramo della quale era in comunicazione con un timpano di Marey e scriveva i movimenti del respiro sul cilindro, mentre l'altro serviva al passaggio dell'aria. Si scrive un primo tracciato *A* sollevando il coniglio nel segno ♀: esso non era legato alla tavoletta, e lo tenemmo semplicemente per le orecchie alzandolo, mentre le gambe pendevano in basso. Aspettiamo che l'assopimento sia divenuto più profondo e torniamo a sollevarlo nello stesso modo. La curva sottostante *B* rap-

presenta questa esperienza: vediamo nel segno ⫯ che il respiro cessa completamente e tale arresto è durato più di un minuto.

Qualche volta l'arresto è tanto completo che l'animale muore.

Quando il respiro è molto lento e debole questo metodo della cannula a T non basta per decidere se sono cessati i moti respiratorî.

Per convincersene basta guardare il tracciato 5. Si tratta di un coniglio cloralizzato che ha una cannula a T nella trachea colla quale si scrive il respiro con un timpano Marey; mettendolo in posizione verticale, nel segno ⫯ il respiro si arresta; ma tale arresto è solo in apparenza completo: chiudendo la cannula tracheale in modo che i polmoni restino in comunicazione solo col timpano registratore subito appaiono evidenti i moti del respiro.

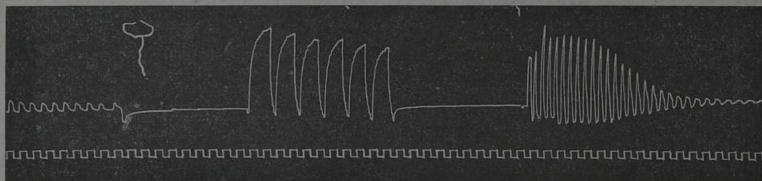



Fig. 5.

Nel tracciato 5 è pure evidente che successe una diminuzione profonda nella frequenza del ritmo e nella forza dei movimenti respiratorî passando dalla posizione orizzontale alla verticale. Nell'ultima parte della fig. 5 appare quanto sia intensa la reazione che succede nella forza e nella frequenza del respiro quando si torna alla posizione orizzontale, e dalla forma delle curve vediamo che prevale la corrente espiratoria.

Oltre all'anemia cerebrale di cui si è già occupato Salathé (senza averla però analizzata con sufficiente estensione) nasce il dubbio che questo arresto del respiro sia un fenomeno riflesso, ed una inibizione simile a quella che studieremo fra poco nell'uomo, dove osserveremo rallentarsi il respiro nel passare dalla posizione orizzontale alla verticale. Avendo però veduto che alcuni conigli profondamente cloralizzati possono morire, quando si mettono in posizione verticale, senza poter più eseguire alcun movimento respiratorio, si deve respingere il dubbio che si tratti di una inibizione in via riflessa.

§ 2.

La circolazione sanguigna nei cambiamenti di posizione del corpo.

L'influenza che la forza di gravità esercita sulla circolazione del sangue venne già studiata da L. Hill (1).

Interessandomi di analizzare meglio questa influenza per i rapporti che essa ha coi fenomeni dell'apnea, ho voluto fare alcune esperienze scrivendo contemporanea-

(1) L. Hill, *The influence of the force of gravity on the circulation of the blood*, " Journal of Physiology ", Tome 18, pag. 15.

mente il respiro e la pressione del sangue con un manometro a mercurio, come si vede nel tracciato 6. È un coniglio del peso di 1900 gr. avvelenato con 15 cc. di soluzione satura di cloralosio iniettato nella vena giugulare. Ho messo nella trachea un tubo a T e dal ramo libero scrivo nella linea superiore i movimenti della corrente di aria respirata. Noi vediamo che la pressione sanguigna diminuisce quando l'animale passa dalla posizione orizzontale a quella verticale. Se si tiene per breve tempo il coniglio in questa posizione succede un abbassamento della pressione di 60 o 70 mm. e si sarebbe inclinati a credere che questa sia la causa dell'apnea; ma prolungando

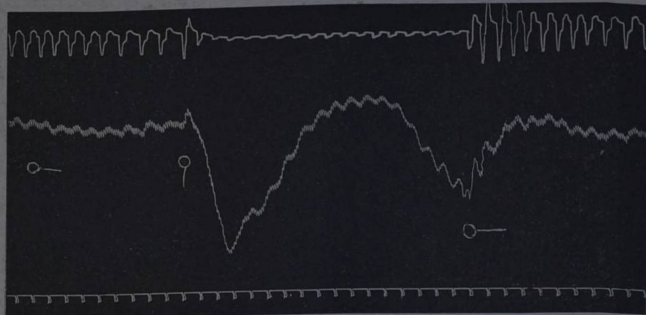



Fig. 6.

per un tempo più lungo l' osservazione come succede in questa esperienza (fig. 6) vediamo che la pressione da 130 mm. scende a 76 mm., poi si rialza e supera il valore primitivo per scendere nuovamente a 100 mm.

L'influenza che la posizione del corpo può esercitare sulla circolazione del sangue e sulla funzione del respiro appare evidente nella sincope la quale succede nelle persone molto deboli, se dopo una lunga malattia passano improvvisamente dalla posizione orizzontale a quella verticale.

Hill attribuisce a questi mutamenti della circolazione un'influenza inibitrice sul respiro; egli crede che nel cambiamento di posizione vi sia uno stimolo dei nervi sensibili e che le terminazioni dei vaghi siano eccitate da una tensione dovuta al cambiamento di posizione. Ma vedremo che l'apnea ed il rallentamento del respiro si producono anche negli animali che hanno i vaghi tagliati: onde tale fatto deve spiegarsi in altro modo.

§ 3.

Influenza della gravità sui movimenti del respiro.

Il peso degli organi contenuti nella cavità dell'addome e del torace, quando questi gravitano e tirano in basso il diaframma e il torace, può diventare un ostacolo per il libero funzionamento dei moti respiratorî. Un coniglio normale, come un cane, può respirare per un certo tempo, quando è messo in posizione verticale: ma se per mezzo del cloralio, o dell'anemia, o di un mezzo qualunque, si diminuisce la forza

dei centri nervosi e dei muscoli, esso non può più respirare bene, ed è specialmente il diaframma che ne soffre.

L'esperienza della fig. 7 venne fatta sopra un coniglio coi vaghi tagliati, che pesava 1600 gr., al quale iniettammo 1 gr. di cloralio nella cavità addominale. L'animale è legato sul supporto di Czermak e scriviamo il respiro per mezzo di una cannula a T messa nella trachea, essendo un ramo del tubo in comunicazione con un timpano a leva. Nel passaggio dalla posizione orizzontale alla verticale il respiro quasi scompare nel tracciato tanto sono deboli gli impulsi che la corrente dell'aria trasmette al timpano registratore. Mettendo nuovamente il coniglio in posizione orizzontale, succede una forte reazione. I movimenti espiratorî sono essi che colla intensità insolita producono questo effetto, che sembra sproporzionato alla causa della breve interruzione che lo ha prodotto.

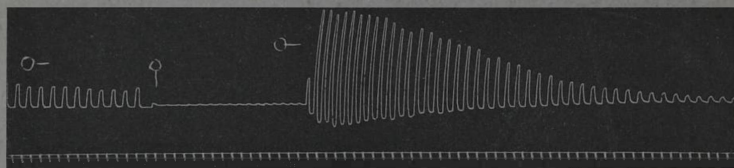



Fig. 7.

Per eliminare gli effetti della gravità pensai di immergere gli animali nell'acqua. Preparai un grande recipiente pieno di acqua tiepida a 36°. Nella fig. 8 si vede nel principio il tracciato normale, poi nel segno ♀ il cambiamento di posizione. Quando si mette il coniglio verticale il respiro si arresta, ma appena in *A* si immerge il coniglio nell' acqua fino al collo, cessa l' arresto del respiro. Evitata l'azione della gravità, il diaframma e l'addome funzionano bene.

Torno a rimettere il coniglio in posizione orizzontale o– e manca la reazione, od è piccola. Nel segno ♀ si rimette il coniglio nell'acqua in posizione verticale e manca l'apnea.

L'arresto del respiro non è dunque dovuto all'azione dei vaghi che siano stirati, perchè qui erano recisi; e neppure è la circolazione che basti a produrlo, ma la influenza preponderante è meccanica. Il peso dei visceri che agiscono sul diaframma (e che prenderò meglio in esame fra poco) l'animale può sollevarlo nella espirazione, finchè sono normali le sue forze, ma se per mezzo del cloralio, o di altro narcotico, si indebolisce l'animale, i movimenti del respiro cessano. Succede pel diaframma, quanto vediamo nei muscoli flessori delle dita coll'ergografo, che non sono più capaci di muovere un peso, quando questo supera colla sua resistenza lo sforzo del quale i muscoli sono capaci.

Fenomeni simili di arresto avvengono pure nell' uomo, benchè in grado meno spiccato. È noto che la frequenza del respiro cambia secondo la posizione del corpo, la media che trovasi nei trattati per la frequenza del respiro nell'uomo adulto è di 13 movimenti al minuto stando coricati, 19 seduti, e 22 stando in piedi.

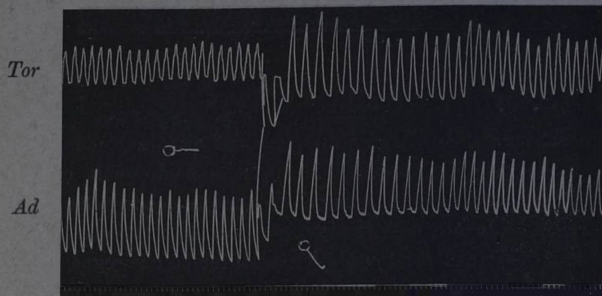
Questo non lo si verifica più stando per qualche tempo orizzontali e passando

dopo alla posizione verticale. Se nelle circostanze comuni della vita la respirazione è più frequente stando in piedi, ciò dipende da altre cause che sono più influenti per accelerare il respiro di quelle che ora studiamo.

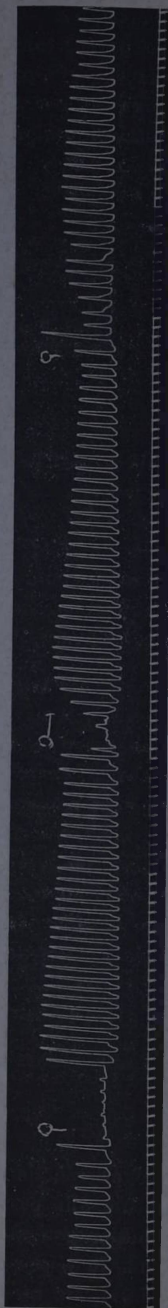
Il tracciato 9 fu preso prima in posizione orizzontale su Giorgio Mondo. Dopo aver scritto la respirazione toracica e addominale inclino il tavolo sul quale esso è coricato. Nel passare alla posizione ♀ di 45°, il torace si deprime portandosi in una posizione più espiratoria, mentre il diaframma si abbassa portandosi più in inspirazione. Giorgio Mondo in questa come in

Fig. 9.

Fig. 8.

A

tutte le altre esperienze simili sente una leggera vertigine nel momento che passa dalla posizione orizzontale a quella di 45°: è questo un segno di un'incipiente anemia cerebrale. I movimenti del torace si rinforzano, ma divengono più lenti; e poco per volta tendono a prendere la frequenza e la forza di prima. I movimenti dell'addome rimangono più deboli nella posizione verticale di quanto non fossero nella orizzontale.

Sopra di me il rallentamento del respiro nel passaggio dalla posizione orizzontale alla verticale dura più a lungo e anche la forza delle inspirazioni toraciche diviene maggiore, come si vede nella figura 10 dove è scritta solo la respirazione toracica. Verso la metà venne inclinata la tavola su cui ero coricato e passai dalla posizione orizzontale a quella di 45°. In me non si produce la sensazione della vertigine, sebbene il peso degli organi addominali che agiscono tirando in basso il torace e il diaframma sia maggiore. Infatti io sono più grasso e peso 85 chilog. con una statura di 1,78, mentre Giorgio Mondo pesa solo 64 chilog. ed è alto 1,69. Osservai che nelle persone magre e giovani succede un rallentamento del respiro meno notevole, quando passano dalla posizione orizzontale alla verticale.

Gli organi che agiscono sul diaframma pesano più di 4 chilog.

Il fegato pesa da solo quasi 2 chilog. La milza, lo stomaco non li contiamo, ma il cuore gravita certo sul diaframma nella posizione eretta, e sono 350 gr. pel muscolo cardiaco e 360 per il sangue contenuto nei ventricoli senza contare le orecchiette ed i grossi vasi. I polmoni pesano in media 1300 grammi, ma varia molto il peso del sangue che possono contenere. Questo peso, che può calcolarsi ad un *minimum* di

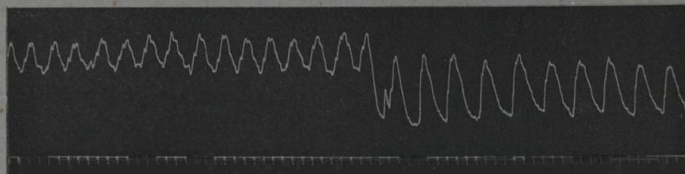



Fig. 10.

4 chilog. ma che certo lo supera, agisce in due direzioni dal disopra e dal disotto del diaframma e tirando in basso il diaframma produce un aumento della capacità dei polmoni, come si vede nel tracciato della fig. 11. Io ero nel principio coricato sulla tavola in posizione orizzontale. Sotto il tempo che segna i 2 secondi vi è una linea spezzata fatta per mezzo di una penna che si alza quando passo dalla posizione orizzontale alla verticale e viceversa torna ad abbassarsi ad ogni movimento orizzontale che viene impresso alla tavola. In *PP* è indicata la posizione delle penne. Faccio alcune inspirazioni profonde in modo da produrre l' apnea, poi chiudo la narice destra con un tappo di cera modellato prima sulla apertura della mia narice destra in modo che la chiuda bene. Questo tappo è attraversato da un tubo di vetro che comunica con un timpano a leva di Marey. Chiudo la narice sinistra comprimendo col dito contro il setto nasale. L'aria dei polmoni, mentre tengo aperta la laringe, forma una cavità chiusa dal timpano e si scrivono le pulsazioni del cuore. Nel punto *A* si abbassa la tavola dalla parte dei piedi e passo alla posizione di 45°, l'aria nei polmoni si dilata e la leva si abbassa. Subito dopo si torna a mettere la tavola in posizione orizzontale e la leva si alza e torna alla posizione di prima. In *B* passo nuovamente alla posizione verticale e torna a dilatarsi la cavità toracica e la pressione diventa negativa. Ritorno alla posizione orizzontale e l'aria torna alla pressione di prima. In *C* si ripete ancora una volta il passaggio alla posizione di 45° e torna a prodursi una rarefazione dell'aria.

Fig. 11.

Il restringimento del torace che producesi tutte le volte che noi passiamo dalla

posizione orizzontale alla verticale, è dunque compensato dall'allungamento del diametro verticale per l'abbassarsi del diaframma.

Per conoscere il valore reale di questi mutamenti della capacità polmonare, ho messo un manometro in comunicazione colle narici. Era un semplice tubo di vetro piegato ad **U** pieno di acqua, con una divisione in millimetri. Feci l'esperienza che ho riferito colla fig. 11, solo che invece di scrivere i cambiamenti di pressione col timpano di Marey, si leggevano i valori della pressione sul manometro. Ripetendo queste esperienze, facendo precedere una leggera apnea, trovai che passando dalla posizione orizzontale alla verticale di 45° producesi una pressione negativa di 15 mm. di acqua nei polmoni.

La differenza di volume deve essere maggiore (1), come dimostrai studiando la circolazione nei polmoni in seguito ai movimenti del respiro, nel mio lavoro sulla circolazione del sangue nel cervello dell'uomo (Capitoli IX e X). Esaminerò ancora in una prossima memoria sulla fisiologia comparata del diaframma e del torace i mutamenti che succedono nel respiro pei cambiamenti di posizione del corpo.

---

(1) Supponendo che in me l'aria residua e di riserva, cioè l'aria contenuta nei polmoni alla fine di una espirazione moderata, come succedeva in queste esperienze, sia di 2800 cc., la diminuzione di volume che si produrrebbe passando dalla posizione orizzontale alla verticale, sarebbe solo di 4 o 5 cc.